

2011

# Contenedor construït amb materials compostos

Contextualització i disseny d'un contenidor fabricat amb materials compostos

Joan F. Roig Macias  
Facultat de nàutica de Barcelona  
21/03/2011





### *Prefaci:*

M'agradaria constatar abans de procedir a l'anàlisi del projecte present, la idea global de la realització d'aquest. L'objectiu final es el de demostrar si es viable o no l'aplicació del producte proposat, el contenidor amb fibra de vidre. Per a la consecució d'aquest objectiu es necessari dividir l'estudi en dos grans blocs:

- Contextualització i disseny del producte
- Estudi de viabilitat real

Degut a la complexitat de la proposta, la meva intenció es la d'utilitzar tant el projecte de diplomatura com el de llicenciatura per a obtenir la conclusió final.

Llavors, el projecte present servirà per a contextualitzar tant al lector com a mi mateix en el món del contenidor i dels materials compostos, així com també servirà per al disseny del producte. Les mencions realitzades en aquest estudi sobre la viabilitat del producte, tals com l'estudi DOFA i altres, son de caràcter conceptual i no gaudeixen d'un estudi en profunditat. No per això son inútils, doncs donen les pautes d'on partirà l'estudi de viabilitat que realitzaré durant la llicenciatura així com una idea valida de les repercussions de l'aplicació del producte.

## *Taula de figures*

<i>Figura 1:</i> Contenidor dry-box (Font: <a href="http://www.producticos.com">www.producticos.com</a> )	8
<i>Figura 2:</i> Contenidor cisterna (Font: <a href="http://www.posizionamento-gratis.net">www.posizionamento-gratis.net</a> )	9
<i>Figura 3:</i> Contenidor open top (Font: <a href="http://www.inandoutf.com">www.inandoutf.com</a> )	9
<i>Figura 4:</i> Bigues d'acer de perfil c (Font: <a href="http://centrosec.com.ar">centrosec.com.ar</a> )	20
<i>Figura 5:</i> Esquema de les parts del contenidor (Font: <a href="http://www.ccni.cl">www.ccni.cl</a> )	21
<i>Figura 6:</i> Teixit Mat (Font: <a href="http://www.google.es/images">www.google.es/images</a> )	31
<i>Figura 7:</i> Teixit roving (Font: <a href="http://www.google.es/images">www.google.es/images</a> )	32
<i>Figura 8:</i> teixit de setins (Font: <a href="http://www.zonagravedad.com">www.zonagravedad.com</a> )	33
<i>Figura 9:</i> Laminat en sandvitx (Font: <a href="http://www.zonagravedad.com">www.zonagravedad.com</a> )	34
<i>Figura 10:</i> Escumes de nucli (Font: <a href="http://img.directindustry.es">http://img.directindustry.es</a> )	36
<i>Figura 11:</i> Panell de niu d'abella (Font: <a href="http://www.google.es/images">www.google.es/images</a> )	37
<i>Figura 12:</i> Motllos de fibra (Font: <a href="http://www.google.es/images">www.google.es/images</a> )	38
<i>Figura 13:</i> Esquema parts del contenidor (Font: <a href="http://www.google.es/images">www.google.es/images</a> )	42
<i>Figura 14:</i> Perfil $\Omega$ (Font: <a href="http://www.google.es/images">www.google.es/images</a> )	45
<i>Figura 15:</i> Peça de mostra de l'estructura del sol (Font: Pròpia)	53

## ***Taula de continguts***

Prefaci	2
Taula de figures	5
<b>1. El contenidor</b>	<b>6</b>
1.1. Introducció	6
1.2. Tipus de contenidors	
1.3. Conveni sobre seguretat de contenidors	10
a) <i>Llistat articles</i>	10
b) <i>Article II</i>	11
c) <i>Article IV</i>	13
d) <i>Annex II</i>	14
1.4. Especificacions ISO	18
1.5. Parts del contenidor	
1.6. Averies i reparació	19
<b>2. Materials compostos</b>	<b>24</b>
2.1. Introducció	24
2.2. Resines	25
a) <i>Resines de polièster</i>	26
b) <i>Gel coat i top coat</i>	28
c) <i>Resines de vinilester</i>	28
d) <i>Resines epoxi</i>	29
2.3. Carregues i colorants	30
2.4. Fibres de vidre.	30
2.5. Materials de nucli	34
a) <i>Fusta</i>	35
b) <i>Escumes</i>	35

c) <i>Panell de niu d'abella</i>	36
2.6. Desemmotllants	37
2.7. Models i motllos	38
2.8. El laminat a ma	39
a) <i>Aplicació del Gel Coat</i>	39
b) <i>Tallat de les teles</i>	40
c) <i>Dosificació de la resina, impregnació de teles i consolidació del laminat</i>	40
d) <i>Desemmotllament</i>	40
2.9. Laminat per infusió al buit	41
<b>3. Aplicació dels materials compostos a la fabricació del contenidor.</b>	44
3.1. Generalitats	44
3.2. Càlcul de reducció de pes	47
3.3. Matriu DOFA	48
<b>4. Conclusions</b>	49
<b>5. Bibliografia</b>	52
<b>6. Annex 1: Peça de mostra de l'estructura del sol</b>	53

## 1. El contenidor

---

### 1.1 Introducció

Un contenidor es un recipient de carrega per al transport aeri, marítim o fluvial, terrestre i multi modal, les dimensions del qual han estat estandarditzades per facilitar una operativitat mes eficient.

L'aparició del contenidor de transport suposa el zenit de l'evolució global de la unitització del transport de mercaderies, per tant , resulta al meu pare poc veraç tractar de determinar l'origen exacte de l'aparició d'aquest ja que, avanç de l'aparició d'aquest coma tal, diferents tipus d'indústries ja utilitzaven mètodes de transport semblants arreu del mon. Com a exemple podríem citar els "*less transcar load* "(LCL), unitats tipo de menor capacitat volumètrica que un vago de tren, utilitzats a Anglaterra sobre el 1830, o també els contenidors presentats durant el congres mundial de l'automòbil celebrat a Roma el 1928, per al transport terrestre de cotxes. L'existència del contenidor Standard d'avui en dia, es el producte de la unificació i optimització dels sistemes de transport d'aquest tipus.

Va ser l'any 1958 quan, degut a les exigències de la societat europea d'unitats de transport de patrons definits, la ISO recomana mòduls uniformes de 10,20,30 i 40 peus, amb 8 peus d'altura i 8 d'ample.

Els avantatges mes clars que aporta el transport de mercaderies amb l'ús de contenidors son:

- Reducció del temps d'estada del vaixell al port
- Optimització dels atraques
- Millora del transport intermodal
- Reducció del temps entre productor i consumidor de la mercaderia

- Reducció de la manipulació de la carrega- menys risc de danys
- Bona seguretat- menys robatoris
- Protecció envers els factors ambientals i atmosferes potencialment nocives per al producte
- Millora de la vida útil de mercaderies caduques
- Millora de la seguretat per al personal, la carrega i l'equipament
- Reducció de costos

Al 1960 entren en funcionament les primeres terminals especialitzades de contenidors a països del nord d'Europa, origen de les futures “*Container terminals*” de Rotterdam Hamburg.

A partir d'aquest moment, son moltes les empreses a nivell internacional, que comencen el seu tarannà amb aquest nou sistema emergent. Alguns exemples:

- Al 1960, la “*Pan-atlantic Steamship Co.*” Passa a anomenar-se “*Sea land service Inc.*” adaptant 4 dels seus petroliers per al transport de contenidors, el primer dels quals entra en servici per primer cop el 1962.
- A Espanya, es la naviliera Contenemar S.A. la que conjuntament amb la empresa de transport per carretera Transerbo S.A. i la red nacional de ferrocarrils espanyols (RENFE) inicia el transport de contenidors per via marítima, al final de la dècada dels anys 60.
- El 1966 el vaixell S.S Fairland inagura un servei setmanal portacontenidors desde ports de la costa est dels Estats Units als ports del nord d'Europa. Aquest mateix any s'inaugura un servei entre els ports dels EEUU i la base nord americana d'Okinawa.

Es entre els anys 1967 i 1970 quan, gracies a les innumerables fires i exposicions efectuades patrocinades per Ports et Terminals, el contenidor es consagra com a mètode de transport multimodal.



Durant l'any 1965 es constitueix la I.S.O, amb seu a Ginebra, la que implementa unes normes dimensionades d'ús obligatori que determinen longituds, gruixos i altura dels contenidors. Al mateix temps també dicta normes respecte a les proves, marques, terminologia, capacitat de carrega, etc, dels contenidors.

Amb l'increment de l'ús del contenidor, també augmenta la necessitat de convertir-lo en un element cada cop mes normalitzat a nivell mundial. Es per això que, a part de les recomanacions ISO i ASA (American Standards Association), durant l'any 1972 es celebra una conferència conjunta entre al OMI i les Nacions Unides per elaborar un projecte de conveni amb col·laboració amb la comissió econòmica per Europa, que dona com a fruit el "Conveni Internacional sobre seguretat dels contenidors de 1972" .

## 1.2 Tipus de contenidors

A continuació es mostren els contenidors mes comuns.

- *Dry-box*: Destinat a rebre carrega seca, en caixes, etc. Es el contenidor mes comú, tant de 20 com de 40 peus



*Figura 1: contenidor Dry-box*

- *Contenedor cisterna*: per a carrega líquida a granel



*Figura 2: Contenedor-cisterna*

- *Open top*: contenidor se sostre obert destinat al transport de carrega pesada tal com maquinària, etc., protegida per lones.



*Figura 3: Contenedor Open top*

- *Tèrmic*: destinat a carrega caduca. Capaç de mantenir una temperatura calefactada o refrigerada.
- *Contenedor plataforma*: destinat a carregues pesades amb accés d'questes pels costats.
- *Contenedor ventilat*: empleat en mercaderies que necessiten de renovació d'aire durant el transport

### 1.3 Conveni sobre seguretat de contenidors

Segons el conveni internacional sobre seguretat dels contenidors de 1972 i les esmenes posteriors el contenidor queda subjecte als següents articles i annexos, dels quals, degut a la naturalesa del projecte, només els articles II i IV i l'annex II seran exposats en la mesura que interessa, mentre que la resta quedaran únicament citats. L'article II queda exposat ja que fa referència a les definicions que atenen al contenidor i tot el que l'envolta, i per tant és indispensable per a la comprensió d'aquest estudi. L'article IV i l'annex II fan referència a les proves que ha de superar un contenidor "tradicional" per a ser aprovat, i per tant es prendran com a base a l'hora de determinar les propietats del contenidor proposat en aquest projecte.

#### a) Llistat articles

Article I Obligació general imposada pel present conveni

Article II Definicions

Article III Àmbit d'aplicació

Article IV Proves, inspecció, aprovació i manteniment

Article V Reconeixement de l'aprovació

Article VI Control

Article VII Firma, ratificació, acceptació, aprovació i adhesió

---

Autor: Joan F. Roig Macias

Article VIII Entrada en vigor

Article IX Procediment per esmenar una o varies parts d'aquest conveni

Article X Procediment especial per esmenar annexos

Article XI Denuncia

Article XII Terminació

Article XIII Solució de controvèrsies

Article XIV Reserves

Article XV Notificació

Article XVI Texts autèntics

Annex I Regles per a la prova, inspecció, aprovació i conservació dels contenidors

[Annex II](#) *Normes i proves estructurals de seguretat*

## **b) Article II**

### Definicions

Als efectes d'aquesta Convenció, excepte disposició expressa en contra:

**1.** "Contenedor" s'entén un article de l'equip de transport:

(A) de caràcter permanent i, prou fort com per permetre el seu ús repetit;

(B) dissenyat especialment per facilitar el transport de mercaderies, per un o diversos mitjans de transport, sense ruptura de la seqüència de càrrega;

(C) estar dissenyats per a ser assegurats i / o manipulats fàcilment, amb cantoneres per a aquests fins;

(D) d'una mida tal que la zona delimitada per les quatre cantonades inferiors exteriors sigui:

(I) almenys 14 metres quadrats (150 peus quadrats) o

(II) com a mínim 7 metres quadrats (75 peus quadrats) si està proveït de peces a les cantonades superiors;

El terme "contenedor" no inclou ni vehicles ni l'embalatge, però, els contenidors transportats sobre xassís estan inclosos.

**2.** "Accessoris de cantonada", la disposició d'obertures i cares en la part superior o inferior d'un contenidor per als efectes de la manipulació, apilament i / o de fixació.

**3.** "Administració": el Govern d'una part contractant sota l'autoritat del qual estan els contenidors aprovats.

**4.** "Aprovat" significa aprovat per l'Administració.

**5.** "Aprovació", la decisió d'una Administració que un tipus de construcció o d'un contenidor és segur dins dels termes d'aquesta Convenció.

**6.** "El transport internacional" significa el transport entre punts de partida i destinació situats en el territori de dos països diferents on com a mínim a un dels quals aplica aquesta convenció. Aquest Conveni s'aplica també quan una part d'una operació de transport entre els dos països té lloc al territori d'un país al qual s'apliqui el present Conveni.

**7.** "Càrrega" significa tots els béns, mercaderies, i articles de qualsevol classe transportats en els contenidors.

**8.** "Contenedor nou" s'entén un contenidor el qual va fabricar-se a partir de la data d'entrada en vigor d'aquesta Convenció.

**9.** "Contenedor Existent", significa un contenidor que no és nou.

**10.** "Propietari": el propietari segons el que disposa la legislació nacional de la part contractant o l'arrendatari o el dipositari, si existeix un acord entre les parts preveu l'exercici de la responsabilitat del propietari per al manteniment i examen dels contenidors per l'arrendatari o el dipositari.

**11.** "Tipus de contenidor", el tipus de construcció aprovat per l'Administració.

**12.** "Contenidor de tipus sèrie": tot contenidor fabricat d'acord amb el tipus de disseny aprovat.

**13.** "Prototip" significa un representant de contenidors dels fabricats o que es fabriquen en una sèrie tipus de construcció.

**14.** "Màxim pes brut d'explotació o de Qualificació" o "R" vol dir que el pes màxim permisible combinat del contenidor i la seva càrrega.

### **c) Article IV**

#### *Proves, inspecció, aprovació i manteniment*

**1.** Per al compliment de les disposicions en l'annex I cada Administració ha d'establir un procediment eficaç de les proves, inspecció i aprovació dels contenidors d'acord amb els criteris establerts en aquesta Convenció, però, que una Administració podrà delegar aquestes proves, inspecció i aprovació de organitzacions degudament autoritzada per ella.

**2.** Una Administració que s'encomana aquesta prova, inspecció i aprovació de l'organització ha d'informar el secretari general de la Intervenció Organització Consultiva Marítima Intergovernamental (en endavant "l'Organització") per a la comunicació a les parts contractants.

**3.** Sol·licitud d'homologació es pot fer a l'Administració de qualsevol part contractant.

**4.** Cada contenidor s'ha de mantenir en condicions segures, de conformitat amb el que disposa l'annex I.

**5.** Si un contenidor aprovat no es compleixen efectivament amb els requisits dels annexos I i II de l'Administració interessats han d'adoptar les mesures que consideri necessàries per posar el contenidor en el compliment d'aquests requisits o de retirar l'autorització.

**d) Annex II****Normes i proves estructurals de seguretat*****Introducció:***

En establir els requisits d'aquest annex, queda implícit que en totes les fases de l'operació del contenidors que les forces de sofertes per aquests com a conseqüència de la mobilitat, la ubicació, l'apilament i el pes del contenidor carregat i les forces externes no ha d'excedir la resistència de disseny de l'envàs. En particular, els següents supòsits s'han realitzar:

(a) el recipient perquè es veurà limitada que no està sotmès a forces superiors a aquelles per a les quals s'ha dissenyat;

(b) el contenidor tindrà la càrrega estibada de conformitat amb les pràctiques recomanades del comerç amb a finalitat que la càrrega no imposa als contenidors forces superiors a les que ha estat dissenyat per suportar.

***Construcció:***

1. Un contenidor fabricat de qualsevol material que superi les següents proves sense adquirir cap anormalitat o deformació permanent que l'inhabilites per l'ús, es considerarà segur.

2. Les dimensions, posicionament i la resistència dels anclatges de cantonada seran comprovats pel que fa als sistemes d'elevació i subjecció.

*Procés de les proves:*

## **1. Hissada**

El contenidor, amb una carrega interior prescrita, s'ha d'aixecar de manera que no s'apliqui cap força significativa d'acceleració. després d'alçar-lo s'haurà de mantenir suspès o recolzat durant un període de cinc minuts i després tronar-lo a terra.

### **(A)Hissada des dels anclatges cantoners**

*Carrega interior:*

Carrega repartida de manera uniforme; el pes combinat del contenidor i la carrega de prova serà igual a  $2R^*$

*Forces aplicades externament:*

Les que permetin hissar el pes combinat de  $2R$  de la manera prescrita ( veure procediments de prova)

#### **i) Hissada des dels anclatges cantoners superiors**

Als contenidors majors de 3000 mm (10 ft) (nominal) en llargada s'hauran d'aplicar forces d'aixecament als quatre anclatges cantoners superiors. Als contenidors de 3000 mm (10ft) o menys en llargada s'hauran d'aplicar forces d'hissada als anclatges cantoners superiors, de manera que l'angle entre cada anclatge i la vertical sigui de  $30^\circ$

\*R=suma de la massa màxima permesa del contenidor i la seva carrega. R s'expressa en unitats de massa.



ii) Aixecament des dels anclantges cantoners inferiors

S'aplicaran als contenidors forces d'hissada de tal manera que els dispositius d'hissada es subjecten únicament a les cantoneres inferiors. Les forces d'hissada han de formar amb l'horitzontal angles de:

30° per a contenidors de 12000 mm (40ft) de llargada o superior.

37° per a contenidors de 9000 mm (30ft) i de llargada o superior fins a 12000 mm (40ft)

45° per a contenidors de 6000mm (20ft) de llargada o superior fins a 9000 mm (30ft)

60° per a contenidors de menys de 6000 mm (20ft)

***(B)Hissada per qualsevol mètode addicional****Carrega interior:*

Carrega repartida de manera uniforme; el pes combinat del contenidor i la carrega serà igual a 1,25R.

(i) Hissada des dels "fork lift pockets":

El contenidor es col·locarà entre barres situades en el mateix pla horitzontal, cadascuna de les quals estarà centrada dintre de cada "fork lift pocket" utilitzada per l'operació.

(ii) Aixecament de dels "grappler arm positions"

El contenidor s'emplaçarà en "coixins" situats al mateix pla horitzontal, cadascun sota cada "grappler arm position".

### (iii) Altres mètodes

Els contenidors dissenyats per ser aixecats amb qualsevol altre mètode no mencionat en els apartats (A) o (B) (i) i (ii) hauran de ser provats amb el mateix criteri de carrega i esforç

## **2. Apilat**

1. Per condicions de transport internacional on les forces màximes en l'eix vertical varien considerablement des de 1.8g i on el contenidor es fiable i eficaç limitat per aquestes condicions de transport, l'apilament de carrega variarà amb la proporció adequada de les forces verticals.

2. Un cop completada aquesta prova el contenidor serà apte per a l'apilament de pes estàtic a sobre d'ell, el qual serà indicat en la "safety approval plate against heading", amb un pes d'apilament autoritzat de 1,8g.

### *Carrega interna:*

Carrega repartida de manera uniforme; el pes combinat del contenidor i la carrega serà igual a 1,8 R

### *Forces aplicades externament:*

Les que sotmetin a cadascuna de les quatre cantoneres superiors a una força vertical descendent igual a  $0,25 \times 1,8 \times$  la carrega d'apilament estàtica pressuposada.

El contenidor serà emplaçat en 4 nivells de coixinets recolzats en una superfície horitzontal rígida. Els coixinets estaran centralitzats sota els anclatges i seran aproximadament de la mateixa mida.

Cada força aplicada externament haurà de serà aplicada a cadascun dels anclatges de cantonada a través del test d'acoblament corresponent o a través d'un coixinet de dimensions iguals que les del pes estàtic d'apilament permès al pla.

### 1.4 Especificacions ISO

La International standards Organization, ha efectuat diverses ISOs amb recomanacions de dimensionat i aspectes tècnics dels contenidors.

#### Dimensions nominals contenidors sèrie 1

Tipus de contenidor	Altura externa mm/ ft in	Amplada externa	"Extrenal nominal length"	Maximum gross weight Kg7Lb
1A	2438mm/ 8 00 ft	2438/8	1200/40	30480/67200
1AA	2591mm/8 6	2438/8	12000/40	30480/67200
1B	2438/8	2438/8	9000/30	25400/5600
1BB	2591mm/8 6	2438/8	9000/30	25400/5600
1C	2438/8	2438/8	6000/20	20320/44800
1CC	2591mm/8 6	2438/8	6000/20	20320/44800
1D'	2438/8	2438/8	3000/10	10160/22400
1E	2438/8	2438/8	2000mm/ 6 8	7110/15700
1F	2438/8	2438/8	1500/5	5080/11200

## Dimensions mínimes internes

Tipus contenidor	Altura mínima mm	Amplada mínima mm	Llargada mínima mm	Capacitat mínima m3
1A	Altura externa	2330mm	11998	61,4
1AA	nominal menys		11998	65,7
1B	241mm		8931	45,7
1BB			8931	48,9
1C			5867	30
1CC			5867	32,1
1D			2802	14,3
1E			1780	9,1
1F			1273	6,5

### 1.5 Parts del contenidor

Podem dividir el contenidor en tres parts diferent, que son l'estructura, les parets i el sol.

Si parlem de l'estructura, parlem de la part responsable de la resistència, normalment construïda d'aliatges d'acer. La resta de parts son construïdes a base d'alumini, fusta, acer o altres materials sintètics.

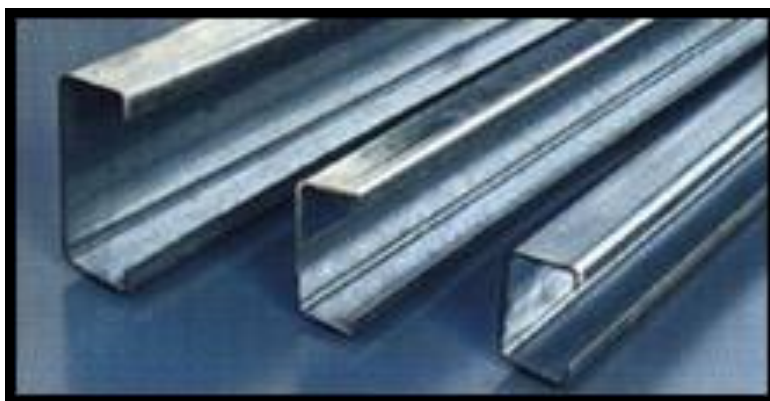
Amb la introducció de l'alumini en la construcció de contenidors es va aconseguir una reducció del pes d'aquests d'un terç respecte a l'acer.

En quant al sol, construït de fusta, rep un tractament fungicida.

Entrant en detall en les parts del contenidor, dividirem aquestes en elements mes simples, que son:

- *Pilars*: Components del marc vertical ubicats en les cantonades del contenidor i que s'integren amb les cantoneres i estructures del sol

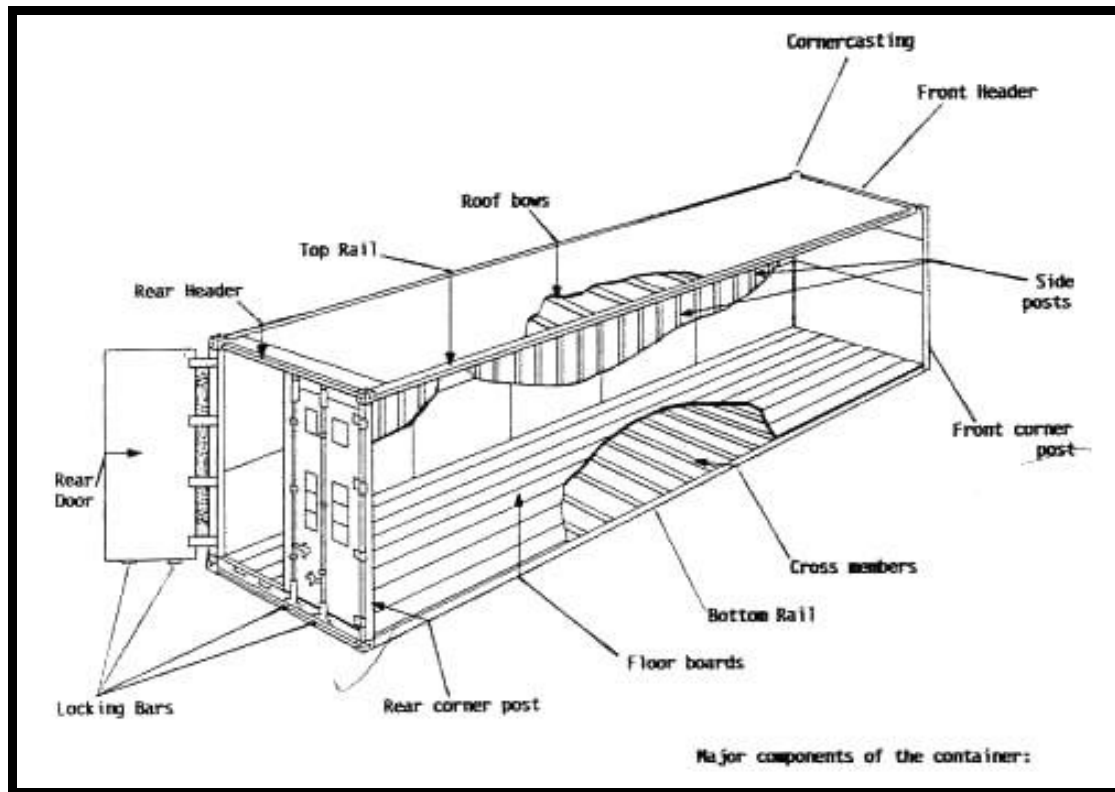
- *Cantoneres*: Motllures ubicades en les cantonades el contenidor de carrega que proporcionen un mitja per a hissar, manipular, apilar i trincar el contenidor.
- *Travesser i solera*: A la porta d'entrada, amb un marc horitzontal per sobre i la solera del llindar similar al nivell del sol.
- *Marc frontal*: La estructura en el extrem frontal del contenidor, composta pels travessers superiors i inferiors, i que es troba subjecta als travessers verticals cantoners i a les cantoneres.
- *Travesser superior*: estructures longitudinals ubicades a la part superior a ambdós costats del contenidor de carrega.
- *Travesser inferior*: bigues estructurals longitudinals ubicades a l'extrem inferior a ambdós costats del contenidor de carrega.
- *Travessers del sol*: una sèrie de bigues transversals, separades aproximadament 12 polsades entre si, subjectes al travesser lateral inferior, que conformen la part integral del marc de suport del sol. Es solen utilitzar bigues anomenades de perfil "C"



*Figura 4: bigues d'acer de perfil "C"*

- *Sol*: normalment conformat per una xapa de fusta laminada, taulers o contraxapat.
- *Sostre*: conformat per lamines d'acer corrugat soldades als travessers del marc

- *Costats i front*: conformatats per panells d'acer corrugat.
- *Portes*: solen ser d'acer corrugat, alguns cops combinat amb un nucli de contraxapat. Aquestes gaudeixen de ribets de porta amb vora de plàstic o de goma com a segell contra l'entrada d'aigua.



*Figura 5: esquema parts del contenidor*

Les pintures més utilitzades en els contenidors són aquelles que ofereixen una garantia de resistència a factors atmosfèrics adversos durant llargs períodes d'exposició a aquests.

les més utilitzades són:

Pintures acríliques, epoxides, alkadiques i de poliuretà.

Com veurem en el capítol 3, les parts que es proposen substituir per elements construïts amb materials compostos són:

Travessers del sol, sostre, costats, front i portes.

No es substituiran els travessers de l'estructura ja que en aquests es on es troben units els anclatges per a la manipulació del contenidor, i la idea de proporcionar una superfície de fibra que estigui constantment sofrint els efectes del fregament amb l'acer no resulta viable.

### **1.6 Averies i reparació**

Els riscos d'averia mes comuns per un contenidor Standard dry box de 20 o 40 peus son, les produïdes per una manipulació deficient, pels impactes accidentals, tant a terra com a bord del vaixell i, el fort desgast natural per estar en contacte amb l'ambient marí. Les friccions i els cops del contenidor, produeixen ratlladures a la pintura protectora o inclús pèrdues zonals d'aquesta, eliminant la protecció a la corrosió i deixant la xapa amb un alt índex de vulnerabilitat a aquest fenomen. Quan es produeix aquesta falta de pintura, s'inicia un procés de corrosió dels elements estructurals o dels panells afectats que pot derivar en la formació de forats i provocar una falta de suport material. Evitar que això passi, requereix un sanejat periòdic de les parts afectades per la corrosió. La periodicitat de les inspeccions i els sanejaments necessaris augmenta de manera directament proporcional a la "edat" del contenidor.

Les reparacions de l'estructura, les parets i el sol produeixen la principal despesa en averies.

L'aigua, la pluja i els ruixims d'aigua salada que afecten als contenidors estibats per sobre de la coberta disminueixen paulatinament la resistència dels materials estructurals d'aquests. En els panells inferiors de les portes, , l'aigua es filtra i queda retinguda entre les juntes de goma, produint-se així un focus de corrosió que acabarà afectant a les planxes d'acer de les portes.

En quant als contenidors, que per qualsevol circumstància econòmica, hagin de passar llargs períodes de temps estibats en les terminals o dipòsits de contenidors, els que estan

en contacte directe amb el terra de l'esplanada, sofriran alts índex de corrosió en l'estructura del sol. Per a evitar això, en la mesura del possible, cada cert temps els operaris de la terminal o dipòsit substitueixen els contenidors de la base de l'apilament per altres. Una altra averia produïda per l'apilament, és la deformació que es produeix en el sostre dels contenidors degut als cops rebuts en l'apilament. Aquests cops poden deixar el sostre del contenidor en situació d'arrufo, propiciant un estancament d'aigua i la corrosió que aquesta produeix.

Els panells laterals estan soldats per la seva part inferior amb els travessers inferiors per soldadura. Aquesta es fa de manera que els panells descansen sobre els rails; les zones inferiors de les corrugues dels panells formen petites plataformes amb els rails. Aquestes petites plataformes acumulen aigua de mar o pluja que produeix focus de corrosió.

Per a l'estudi que ens pertoca, les averies en que m'interessa centrar l'atenció són les produïdes per la corrosió, ja que són les susceptibles de ser corregides amb l'ús de materials compostos. Llavors, els dos principals motius que propicien la formació de focus de corrosió són:

- Efecte de l'ambient marí
- Existència de irregularitats o deformacions a la xapa dels costats, de la porta o del sostre i als punts d'unió entre elements (soldadures), ja sigui per motius de construcció o bé per una manipulació deficient del contenidor, que donen lloc a un estancament d'aigua.



## **2. Materials compostos**

### **2.1 Introducció:**

En aquest capítol descriure detalladament els procediments constructius que es duen a terme amb materials compostos. Amb l'assimilació d'aquests processos es durà a terme la construcció de la maqueta.

Els plàstics reforçats amb fibres presenten altes qualitats mecàniques, gran facilitat d'aplicació i llibertat de disseny, que els han acreditat com a material molt adequat per a la construcció de cert tipus d'embarcacions, fonamentalment pesquers, vaixells auxiliars d'aqüicultura, vaixells d'esbarjo, esportius, iots, i en l'àmbit dels vaixells de defensa es poden citar els caçamines, amb una eslora pròxima als 60 m.

La major part dels materials compostos que s'utilitzen en la construcció naval esta constituïda per laminats de fibres de vidre tipus E i una matriu de resina de polièster. Això es degut al bon preu i bones característiques d'aquests, fet pel qual seran objecte d'aquest capítol. Un laminat esta constituït per per un conjunt de capes o teles de fibra de reforç unides entre si per l'adherència de la resina. L'optimització d'aquests compostos, mitjançant la correcta orientació de fibres permet millorar notablement el seu comportament mecànic. Els avantatges que presenten aquestes tècniques permeten obtenir productes d'excepcionals qualitats mecàniques, de poc pes i resistents a les agressions químiques, fet que ha possibilitat reduir costos i millorar el comportament de les embarcacions. Si extrapolem aquest fet a la substitució de les parets del contenidor, es possible produir contenidors d'iguals o millors característiques mecàniques i de menys pes.

Els materials compostos d'alta tecnologia, com ara laminats amb fibres de carboni, de aramida (kevlar), híbrids, amb resines epoxi, aconseguixen estructures cada cop mes resistents i de menor pes, utilitzades en productes de característiques especials, com bucs d'embarcacions de regata d'alta competició, màstils de veles i altres.

Els principals avantatges dels materials compostos aplicats en la construcció de contenidors poden ser:

- Resistència a l'ambient marí
- Pes lleuger
- Alta resistència en relació al seu pes
- Cost competitiu
- Baix manteniment, pràcticament nul
- Llarga durada.

Com a principals inconvenients podríem citar:

- Menor rigidesa al tenir baix mòdul d'elasticitat
- Menor resistència a la fatiga
- Transmissió de vibracions
- Vulnerabilitat al foc

## **2.2 Resines**

Les resines termostables constitueixen l'element matriu que permet explotar les altes qualitats mecàniques d'algunes fibres. Existeixen tres tipus de resines d'utilització en construcció naval: polièster, vinilèster i epoxi, totes elles son polímers termoenduribles, es

a dir, susceptibles de convertir-se en sòlids estables mitjançant un procés de polimerització irreversible, amb l'ajuda d'uns productes químics anomenats catalitzadors. Un aspecte important es el de la millora de les qualitats mecàniques i químiques d'aquestes resines quan son sotmeses a processos de post-curat o temperatura elevada, la qual cosa no sempre es pot realitzar. En aquest cas es necessari polimeritzar a temperatura ambient mitjançant la adició d'un accelerador.

El procés de polimerització o curat es dona en quatre fases:

- *Temps hàbil d'utilització*, durant el qual la resina encara roman en forma líquida susceptible de treballar-se, encara que es va espessint de forma continuada.
- *Temps de gel*, que es el necessari per a que la resina es transforme en un gel flexible.
- *Temps d'enduriment*, que es el següent període de temps necessari per a que la resina es faci el suficientment dura per a poder treure el model del motlle.
- *Temps de maduració*, últim període de temps durant el qual la resina continuarà endurint-se fins aconseguir la solidesa completa.

### **a) Resines de polièster**

Els tipus de resines mes utilitzades en construcció naval amb fibra de vidre son les de polièster, que poden ser ortoftàliques e isoftàliques. Les primeres son les que s'empren en embarcacions de menor qualitat, ja que tenen major risc d'absorció d'aigua en els

laminats, fenomen conegut com ósmosis, i les segones son les utilitzades generalment, al tenir millors propietats mecàniques i de resistència a l'ambient marí. La densitat de les resines de polièster es de 1.2 gr/cm<sup>3</sup>.

En la pràctica el temps de gel, que es el temps transcorregut des de l'aplicació del catalitzador fins que la resina adquireix una consistència gelatinosa, varia entre i 30 minuts, en funció de la dosificació del catalitzador i l'accelerador. Duran una hora aproximadament a partir del temps de gel, el procés de curat es lent, però a partir d'aquest temps s'inicia una curat ràpid que dura de sis a vuit hores, amb gran exotèrmia, aconseguint temperatures elevades, per la qual cosa no es convenient posar moltes capes seguides, ja que quan les anteriors estan curant augmenta la temperatura i es perjudica la polimerització de les capes següents.

Les resines es poden comprar ja mesclades amb un accelerador, anomenant-se aquestes resines pre-accelerades, i son les d'utilització mes freqüent, ja que la proporció de l'accelerant esta ajustada per a donar una solidificació adequada un cop que s'afegeix el catalitzador per a començar el període de curat a temperatura ambient. Emmagatzemada en la foscor o en un recipient tancat i a temperatura raonablement baixa, la resina romandrà el suficientment líquida per a poder utilitzar-se durant mes de dotze mesos. Exposada a la llum o a temperatures elevades, la vida de la resina es veurà reduïda dràsticament.

El temps de solidificació depèn de la quantitat d'accelerant utilitzada. Disminuint la quantitat de catalitzador també es veurà incrementat el temps de solidificació, corrent el risc de que la quantitat utilitzada no sigui la suficient i done lloc a una peça mal curada.

En les resines preaccelerades es recomanable cenyir-se estrictament a les quantitats de catalitzador recomanades pel fabricant.

En les resines no preaccelerades, l'elecció de les quantitats d'accelerant i catalitzador depenen de l'usuari i les necessitats de curat de les peces d'aquest.

### **b) Gel coat i top coat**

El gel coat es la primera capa de resina en contacte amb l'exterior i forma la barrera de protecció de la peça acabada, fet pel qual protegirà el laminat dels atacs del medi exterior, donarà les bones característiques de resistència a l'impacte, un aspecte suau i bonic, i una coloració uniforme a la capa exterior. els gel coats es fabriquen amb resines isoftàliques o a partir de mescles de resines. Per altra banda, si es vol resaltar la resistència al atac químic, s'utilitza una mescla de resines isoftàlica i bisfenólica. un cop solidificada, la resina gel coat te un gruix d'entre 0.3 i 0.8 mm.

Per a la capa interior, que també queda en contacte amb l'exterior s'utilitza la resina top coat, que porta dissolta cera. En el procés de curat, la cera flueix al exterior propiciant una protecció final a la ultima capa, preservant-la de la humitat del aire, que actua com a inhibidor del curat de la ultima fase del laminat.

### **c) Resines de vinilester**

Aquest tipus de resines tenen una gran analogia química amb les de polièster. Aquestes tenen mes resistència química i mecànica, absorbeixen perfectament els xoc mecànics i tèrmics , i son adequades per a zones sotmeses a altes tensions ia vibracions. També posseeixen una bona resistència interlaminar degut al alt poder d'adherència que tenen tant les fibres de vidre com les de carboni i aramida.

#### **d) Resines epoxi**

Les resines tipus epoxi, son molt adequades pèr a qualsevol tipus de fibra i millors que les de polièster per al laminat amb fibra de vidre. Posseeixen una elevada adherència, solidesa interlaminar, absència de contracció durant el procés de curat, resistència a l'absorció d'aigua i elevades propietats mecàniques. Les resines epoxi son els millors components d'enganxat disponibles.

A diferència de les resines de polièster, on la proporció de catalitzador i resina es pot variar per controlar el temps de curat, en les resines epoxi els temps de curat no depenen de la proporció de catalitzador, que s'ha de mantenir sempre constant i normalment a parts iguals. En tot cas s'ha de triar el tipus d'accelerant mes adequat d'acord amb la temperatura ambient i el tipus de treball, podent elegir accelerants per a curats lents, mitjos o ràpids.

En general la majoria de les resines epoxi inicien la polimerització a temperatures superiors a 18°C i, amb accelerants normals permeten un temps de treball d'entre 30 min i una hora, amb temperatures de l'ordre de 20°C. Les condicions d'humitat son molt importants, i en algunes formulacions epoxi, valors d'humitat superiors al 80% poden inhibir totalment el procés de curat. els laminats curats a temperatura ambient no es poden considerar completament polimeritzats fins passar 14 dies, fet pel qual s'han de mantenir en llocs càlids i secs durant aquest període.

El procés de laminat amb resines epoxi ha de ser continuat, ja que si s'interromp durant un temps, es necessari polir la superfície del laminat per a permetre la adherència de la següent capa.

## 2.3 Carregues i colorants

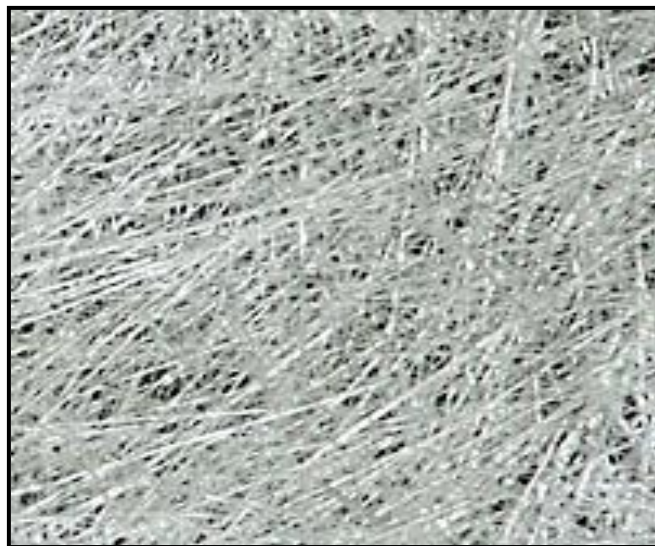
Les carregues son substàncies inerts, es a dir, que no inhibeixen o acceleren el curat. Es presenten normalment en pols i s'afegeixen a la resina líquida per a modificar-ne les característiques en el sentit desitjat, com ara donar-li volum a, acabat, color definitiu, per a donar també resistència a la tracció, a la compressió i al xoc. En cas de produir-se un excés de carrega en la proporció es pot disminuir la qualitat del laminat, fent més fràgil la resina solidificada. Com a exemples de carrega es poden citar: caolí, talc, carbonat càlcic o sílici col·loïdal.

Els colorants s'empren per a donar color a la capa de gel coat de la superfície. No s'ha d'afegir més colorant del necessari per aconseguir l'acabat final desitjat, ja que amb un excés de colorant es disminueix les propietats de la resina. Per a fabricar una peça en color, el millor mètode es el de donar color a la capa de gel coat.

## 2.4 Fibres de vidre

Les fibres de vidre esta constituïdes per prims i durs filaments amb gran resistència a la tracció. En tots els casos la fibra de vidre es prepara amb una productes químics que la fan impregnable a totes les resines plàstiques, operació que s'anomena ensimatge. Existeixen diferents tipus de teixits que es formen per entrecreuament dels fils, anomenant-se fils "d'ordit" als situats en la direcció més llarga del teixit, i fils de "trama" als situats al ample. S'anomena gramatge d'un teixit a la quantitat de pes per unitat de superfície d'aquest, i es mesura en gr/m<sup>2</sup>. Els teixits més utilitzats son el mat i el roving, els quals venen en rotllos d'aproximadament un metre d'ample. La densitat de la fibra de vidre tipus E es de 2,56 gr/cm<sup>3</sup>

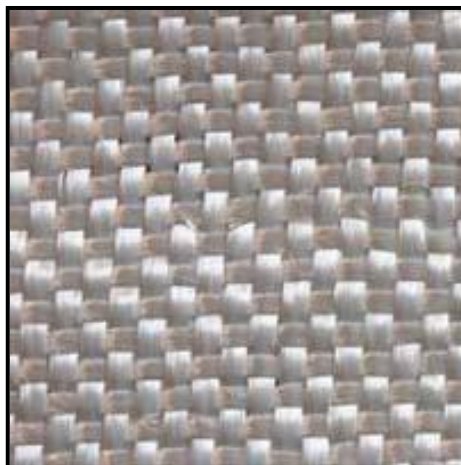
El mat esta constituït per fils de fibra de vidre de 4 o 5 cm units aleatòriament en varies capes per un lligant (*figura 6*). Te una gran facilitat per impregnar-se be en resina. Es fàcil de manejar manualment adaptant-se molt be a les superfícies difícils. Els gramatges mes utilitzats son de 300, 450 i 600 gr/m2. Després del gel coat es col·loca una capa de mat que proporciona una capa rica en resina (isofràlica), que proporcionarà bona resistència a l'aigua de mar i a l'atac ambiental.



*Figura 6: teixit mat*

El teixit roving es un tafetà que es forma entrellaçant fil de trama i fil d'ordit de forma alternada, tal i com es mostra en la figura 7. Un fil d'ordit passa alternativament per sobre d'un de trama i per sota del següent, tal i com es mostra en la imatge





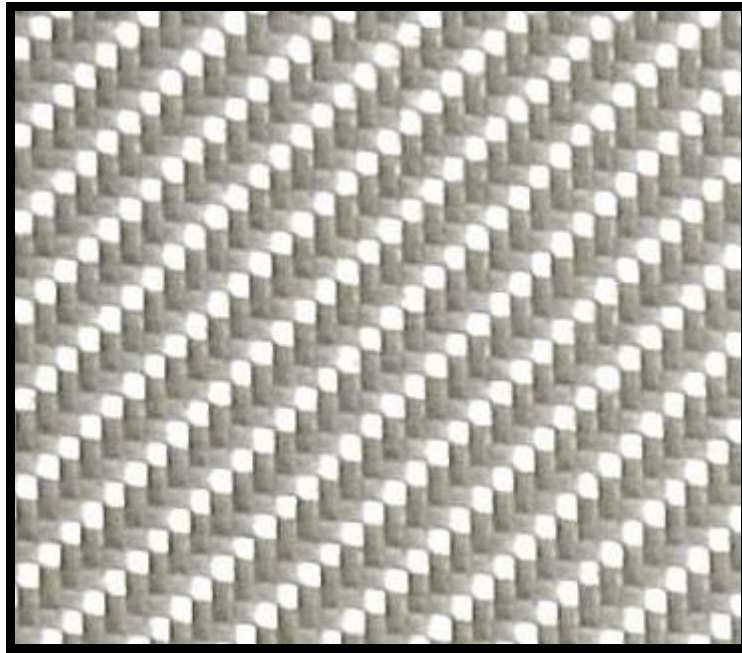
*Figura 7: teixit roving*

Entrellaçant els fils d'aquesta manera s'obté un teixit amb una superfície de major gruix que ajuda a formar ràpidament el gruix total del laminat. Les característiques a tenir amb compte quan parlem del teixit roving es que l'entrellaçat dificulta la penetració de la resina de polièster, que resulta un teixit fàcil de manipular amb les mans i que normalment es treballa amb gramatges de 800 gr/m<sup>2</sup>. La dificultat d'absorció de la resina fa que no s'aconselle posar dos capes continues de roving, fet pel qual normalment s'intercala una capa de mat entre cada dues de roving, ja que el mat absorbeix be la resina i aconsegueix una bona unió entre totes les capes.

Una altre mètode d'utilització d'aquest teixit consisteix en fer "sandvitx", col·locant un teixit roving entre dos teixits mat i anar unint aquest "sandvitxos" per a formar la zona interior del laminat. En la zona externa, al costat del gel coat, els teixits mat no deixen que el relleu del teixit roving quedi gravat a la superfície, aconseguint així un aspecte llis en la superfície exterior del producte.

Existeixen altres tipus de teixits, anomenats de setins, com es mostra en la figura 8

on la diferencia amb el teixit roving roman en que el trenat dels fils no es altern, es a dir, un fil d'ordit passa per sobre de dos o mes fils de trama consecutius, i posteriorment per sota del mateix nombre de fils de trama consecutius.



*Figura 8: teixit de setins*

D'aquesta forma la superfície del teixit es de menor gruix, es milloren les propietats mecàniques, al estar els fils mes rectes, i s'aconsegueix una millor absorció de la resina. Per una cara del teixit predomina l'ordit i per l'altra la trama, fet que accentua la bidireccionalitat del repartiment de esforços del mateix. Per contra, existeix una major dificultat en el maneig a ma al augmentar sensiblement el perill de desfer el entramat.

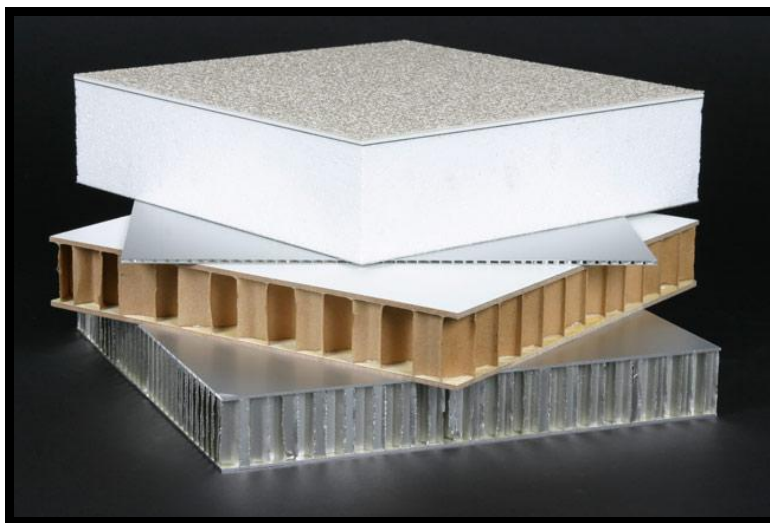
Hi ha teixits on predomina una orientació sobre l'altra des del punt de vista de les propietats mecàniques. A aquest tipus de teixit se'ls anomena unidireccionals. També existeixen teixits triaxials, amb entrellaçats de  $0^{\circ}$  a  $\pm 45^{\circ}$ , i quadriaxials amb entrellaçats a  $\pm 45^{\circ}$  i  $\pm 90^{\circ}$ , amb la utilització limitada a zones concretes on es coneix la direcció dels esforços. Aquests teixits s'utilitzen per a fer coincidir les direccions del teixit amb aquestes forces per a optimitzar la seva funció estructural.

## 2.5 Materials de nucli

La baixa rigidesa a la flexió es un dels desavantatges dels laminats de fibra. Una forma d'augmentar aquesta rigidesa consisteix en augmentar el gruix del laminat amb el consegüent augment del pes. Un altre mètode consisteix en utilitzar panells de "sandvitx", col·locant un material de nucli de baixa resistència i densitat entre dos "pells" d'un laminat de gran resistència., tal i com es mostra en la figura \*\*\*

La rigidesa d'un panell en sandvitx no només depèn de la rigidesa del components, sinó també de la distància en que el nucli separa els laminats exteriors. De fet, la rigidesa es proporcional al cub del gruix del panell. Això significa que un lleuger augment en el gruix augmenta considerablement la resistència a la flexió.

Els materials utilitzats com a nucli d'estructures sandvitx han de posseir les següents qualitats: baixa densitat, bona resistència a la compressió, al cisallament, als agents químics i ambientals, i bona adherència a les resines utilitzades en els laminats de les parets. els materials que s'utilitzen habitualment son la fusta, les espumes, els panells de niu d'abella i els feltres.



*Figura 9: Laminat en sandvitx*

### **a) Fustes**

Es pot utilitzar com a material de nucli contraxapat marí. Es fort, rígid, i gran capacitat per a suportar les carregues locals.

La "madera de balsa" es un material de nucli molt utilitzat que es presenta en forma de petits panells rectangulars tallats perpendicularment a les fibres i encolats en un suport de fibra de vidre. Aquesta geometria permet adaptar-se a les formes irregulars dels motllos. Els seves principals avantatges son: bones condicions d'aïllament tèrmic i acústic, alta estabilitat front a temperatures elevades i un comportament molt bo envers les vibracions. No obstant, es escassament flexible i te gran capacitat per a absorbir l'aigua.

### **b) Escumes**

Les escumes son el material de nucli mes comuns en la construcció d'embarcacions amb materials compostos, essent les escumes de PVC un dels mes utilitzats. Son materials alveolars que permeten la construcció d'estructures de baix pes i altes prestacions. Sota aquesta denominació es troben un ampli grup de materials que corresponen a diferents polímers: poliestirè, poliuretà, , clorur de polivinil (PVC), etc. Els dos primers tenen escasses propietats mecàniques i s'utilitzen exclusivament com a material de suport per a elements que proporcionen rigidesa, com ara els reforços de la estructura interior del buc d'un vaixell.

Existeixen dos tipus d'escumes de polivinil que s'utilitzen com a nucli estructural. Les escumes lineals ( no cross linked), anomenades també elàstiques, compostes per PVC pur, i les escumes de polivinil reticulars o rígides (cross linked), formades per una mescla de polivinil i poliuretà. Les escumes rígides posseeixen, en general, un bon comportament mecànic envers els esforços de compressió i cisallament, però son fràgils. Pel cas contrari, les escumes lineals, son lleugerament menys resistents a la compressió i al

cisallament, però la seva alta capacitat de deformació els permet absorbir impactes sense arribar al trencament material.

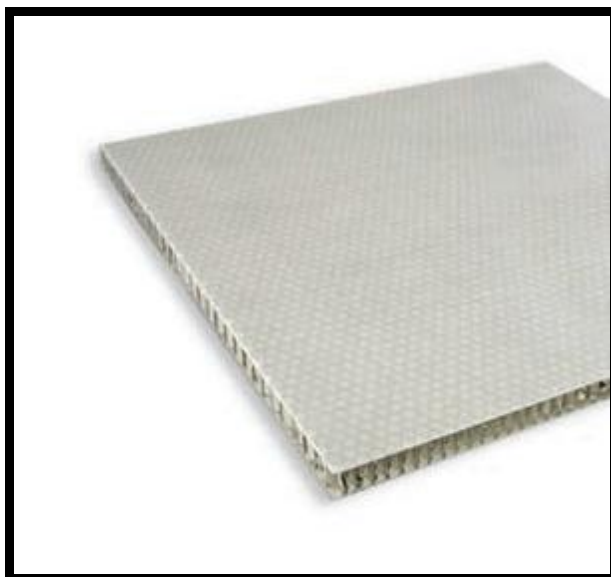
Les escumes lineals separen el estire de la resina de polièster, fet pel qual te efectes adversos al causar un curat incomplet de la resina i una debilitació de la pròpia escuma. Per prevenir aquest inconvenient, es pot utilitzar un tractament amb un accelerador per a curar ràpidament la primera capa de resina en contacte amb l'escuma. una altra alternativa es la de segellar la superfície de l'escuma amb una fina capa de resina molt catalitzada. L'escuma pot venir segellada de fabrica, però hi ha que tenir cura de no eliminar-la, cosa que pot succeir al polir.



*Figura 10: Escuma de nucli*

### **c) Panell de niu d'abella**

Els panells de niu d'abella son estructures cel·lulars formades per un conjunt de parets verticals disposades geomètricament. Aquesta disposició, que es perpendicular als plans de les parets exteriors, els hi confereix gran rigidesa, resistència a la compressió i cisallament transversal. No obstant, com altres materials de nucli te possibilitats de fallada envers carregues concentrades. El material mes utilitzat per a la construcció de celes es de tipus plàstic, com ara el polietilè i el polipropilè.



*Figura 11: Sandvitx panell niu d'abella*

## **2.6 Desemmotllants**

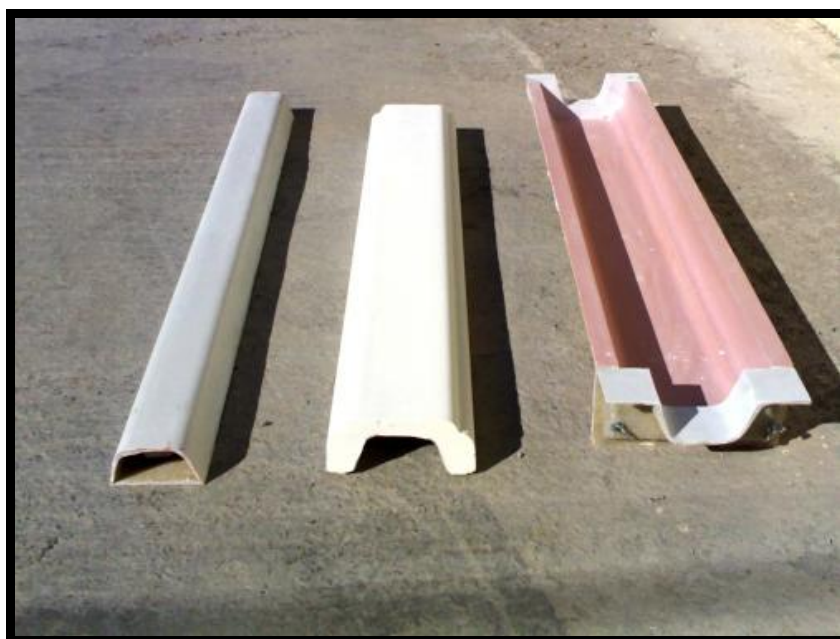
Una de les característiques de la resina de polièster es que s'adhereix fortament a la majoria de es superfícies, fet que resulta un desavantatge quan es vol treure la peça del motllo on s'ha laminat. Per a evitar que la peça s'enganxi al motllo es necessari preparar inicialment la superfície d'aquest cobrint-la amb varies capes de desemmotllant que proporcioni al motllo una pel·lícula anti-adherent. El desemmotllants mes utilitzats son la cera i l'alcohol de polivinil. A aquest alcohol es sol afegir una poc de glicerina per a crear una pel·lícula lleugerament flexible, de manera que es pugi treure el motlle en una lamina sencera.

## 2.7 Models i motllos

Per a l'obtenció de peces de materials compostos es necessita en qualsevol cas un motllo mes o menys complex, que pot ser el positiu de la peça o el negatiu. La elecció del tipus de motllo depèn de quina ha de ser la part polida o de millor acabat de la peça definitiva, essent sempre aquesta la que esta en contacte amb el motllo.

Els motllos es realitzen bàsicament amb fust, contraxapat, fibra i metalls, essent aquests últims mes resistents a les operacions de desemmotllament, i els de fibra els mes utilitzats. La utilització d'un motllo en fibra requereix prèviament la realització d'un model en fusta a mida natural amb un acabat molt llis i polit que reproduueixi amb total fidelitat la forma requerida.. Aquest model es laminarà per a obtenir un motllo en fibra.

En les operacions de desemmotllament, si no s'ha aplicat correctament el desemmotllant, es possible que el motllo es deteriori degut a la adherència del laminat. Aquestes imperfeccions son fàcilment reparables encara que requereixen temps i diners.



*Figura 12: Motllos de fibra*



## 2.8 El laminat a ma

Es el procés de fabricació més simple i utilitzat. La temperatura de l'aire en la zona de laminació ha d'estar entre 20°C y 25°C. Si es més baixa s'haurà d'utilitzar un catalitzador adequat, i si la temperatura es inferior a 15°C es recomanable suspendre la operació fins que es pugi aconseguir la temperatura ambient adient. Es important no laminar en ambients molt humits ja que això dificulta la solidificació de la resina, i difícilment es pot solucionar amb productes químics.

El laminat es realitza sobre un motllo, el qual ha d'estar lliure de pols, residus, humitats, i sobre el que s'han de realitzar les següents operacions:

- Reparació de defectes (en cas necessari)
- Lijat
- Polit
- Abrillantat
- Aplicació de desmmotllant

Un cop el motllo esta preparat es pot procedir al laminat seguit les següents fases:

- Aplicació del Gel Coat
- Tallat de les teles
- Dosificació de la resina, impregnació de les teles i consolidació del laminat
- Desemmotllament

### **a) Aplicació del Gel Coat**

El més freqüent es l'aplicació del gel coat mitjançant pistoles tipus "airless", es a dir, aquelles en que la resina i el catalitzador es projecten per la pròpia pressió de la bomba de la maquina. La no utilització d'aire per a la projecció evita la inclusió de bombolles



d'aire, les quals s'han d'eliminar necessàriament. S'ha de projectar a una distancia de 50 a 60 cm del motllo, i s'ha de deixar curar fins que adquireixi l'estat de gel.

### **b) Tallat de les teles**

Per a la realització del laminat s'ha de procedir al estudi del posicionament relatiu de les diferents capes que el conformaran, pel que es necessari realitzar un replanteig qu permeti identificar els talla realitzar. S'utilitzen tisores o fulles per a tallar manualment el teixit sobre una taula, sobre els extrems de la qual es disposen els rotllos de tela suportats per corrons de fusta que els permeten girar.

### **c) Dosificació de la resina, impregnació de les teles i consolidació del laminat.**

La quantitat de resina a utilitzar no es aleatòria, doncs en cada capa s'ha d'utilitzar la quantitat necessària per a obtenir una proporció fibra/resina adequada. Si aquesta proporció es major a l'adequada el laminat realitzat obté una resistència menor. S'estima que, per pes de capa de laminat, la proporció de fibra en teixit mat es de 0.3 i en teixit roving de 0.5.

Una cop aplicat la capa de gel coat, el laminat a ma consisteix en col·locar manualment les teles de fibra sobre el motllo, una a una, amb la subsegüent aplicació de la resina.

La impregnació de teles de fibra mitjançant brotxa es realitza per punteig o xipolleig de la resina sobre elles, realitzant moviments rotatius en petits cercles.

Quant es tracta de grans superfícies la resina es pot aplica amb corró, encara que el mes freqüent es utilitzar pistoles del tipus "airless". Un cop aplicada la resina s'eliminaran les bombolles d'aire.

El laminat comença amb impregnant la capa de gel coat amb resina, sobre la qual es col·loca una tela de mat de no mes de 300gr/m<sup>2</sup>, la qual un cop col·locada sobre la resina s'impregnarà amb una altra capa de resina. Es pretén que la fibra quedi saturada de

resina. Posteriorment es col·loca una altra capa de mat del gramatge corresponent segons l'escantillonat.

El motiu de que abundi el teixit mat en la primera part del laminat es per raons de aïllament de les capes interiors del ambient hostil, gracies a la gran impregnació de resina.

Un cop consolidada la segona capa de mat, es prossegueix aportant una capa de teixit mat o roving del gramatge corresponent segons l'escantillonat desitjat, impregnant cada capa amb resina i consolidant-la amb corró. Es convenient deixar polimeritzar de 6 a 8 hores cada tres capes fins a aconseguir l'estat de gel, per a que el calor de la reacció no perjudiqui les capes següents. L'ultima capa també ha de ser de mat per a donar un aspecte mes vistos, utilitzant resina top coat, tal i com hem mencionat anteriorment.

#### **d) Desemmotllament**

Un cop finalitzat el laminat , la peça ha de romandre en el motllo entre 24 i 48 hores, segons el gruix i mida del laminat. El desemmotllament ha de ser una operació sencilla i rapida si el desemmotllant s'ha aplicat correctament i si el motllo ha estat dissenyat de manera que no interfereixi en la sortida de la peça. Es poden utilitzar cunyes de fusta per a desenganxar la peça del motllo per les vores. Un cop desemmotllada s'han de reparar els possibles desperfectes de la peça.

### ***2.9 Laminat per infusió al buit***

El laminat per infusió al buit es una tècnica que utilitza el buit per a repartir la resina en el laminat. Les teles es disposen apilades en sec sobre un motllo segons la seqüència de laminat i s'aplica el buit abans de deixar entrar la resina. Un cop aconseguit el buit la resina es literalment succionada cap el laminat per uns tubs disposats adequadament.

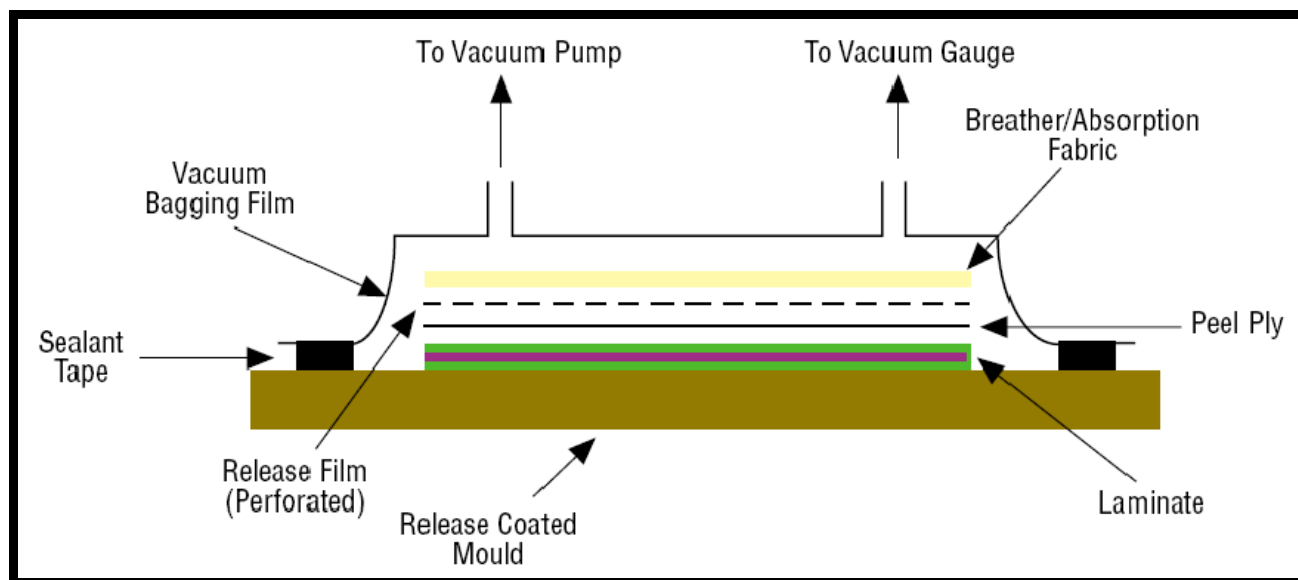
Les millores que s'aconsegueixen amb aquest mètode son:

- Millor relació fibra/resina
- Optimització de la quantitat de resina adequada al laminat
- Menys resina sobrant
- Procés mes net

Aquesta opció de treball propicia que només entre la quantitat necessària de resina al laminat, donant com a resultat un laminat de menor pes i major resistència que maximitza les propietats tant de la resina com de la fibra.

El laminat per infusió es també mes net, doncs no es produeixen esquitxades com en el laminat a ma, i sobretot perquè no desprèn gasos, ja que la resina entra en contacte amb les teles en una zona aïllada del entorn.

Es necessària una preparació adequada dels tubs de distribució per a que la resina pugui arribar a totes les zones del motllo de la peça a laminar. Aquesta distribució varia d'una peça a una altra, pel quela seva disposició requereix un estudi previ.



*Figura 13: esquema mètode de laminat per infusió al buit*

Els elements emprats en aquest procés son:

---

Autor: Joan F. Roig Macias

- *Sac de buit*: es el responsable, junt amb la bomba, de mantenir la pressió solbra la peça del laminat
- *Peel ply*: es un teixit sintètic, extremadament resistent, sobre el que no s'adhereix la resina. Es col·loca sobre la última capa del laminat per a absorbir la resina sobrant del procés de compactació i es pot arrancar amb facilitat un cop la resina ha polimeritzat.
- *Manta d'airejament*: es un feltre de fibres sintètiques que té com a funció principal la de facilitar el pas de l'aire en tota la superfície de la peça cap al col·lector evitant l'ingrés de resina en aquest.
- *Teixit perforat*: es un plàstic perforat de manera regular, que s'interposa normalment entre el peel ply i la manta d'airejament. La seva funció es la de retenir la resina, facilitant l'evacuació de les bombolles d'aire.
- *Junta d'estanquitat*: s'utilitza per a segellar el sac en el motllo degut al seu gran poder adhesiu, d'elasticitat i de resistència al calor.
- *Tub col·lector*: encarregat de transmetre l'aspiració de la bomba al sac de buit
- *Tubs de distribució*: Repartits, de manera prèviament estudiada, per tota la peça són els encarregats de transportar la resina a l'interior del sac de buit.

### 3. Aplicació dels materials compostos a la fabricació del contenidor

#### 3.1 Generalitats

El mètode constructiu que es proposa per a la manufactura del contenidor es per tècnica d'infusió, ja que d'aquesta manera s'aconsegueix una optimització de les propietats de la fibra i la resina. A més de ser, el mètode més adient per a la fabricació en sèrie de peces. Aquest fet junt amb l'optimització de recursos que també propicia, i la reducció de ma d'obra comparada amb el laminat a ma, repercutiria directament sobre el cost del producte, reduint-lo i tornant-lo més competitiu.

#### Dades tècniques dels materials:

Carrega de ruptura del acer: 45Kg/mm<sup>2</sup>

Carrega de ruptura de composite: fabricat per infusió: 22.5 Kg/mm<sup>2</sup>

Densitat del laminat composite: 1.80 t/m<sup>3</sup>

Densitat de la xapa d'acer: 7.85t/m<sup>3</sup>

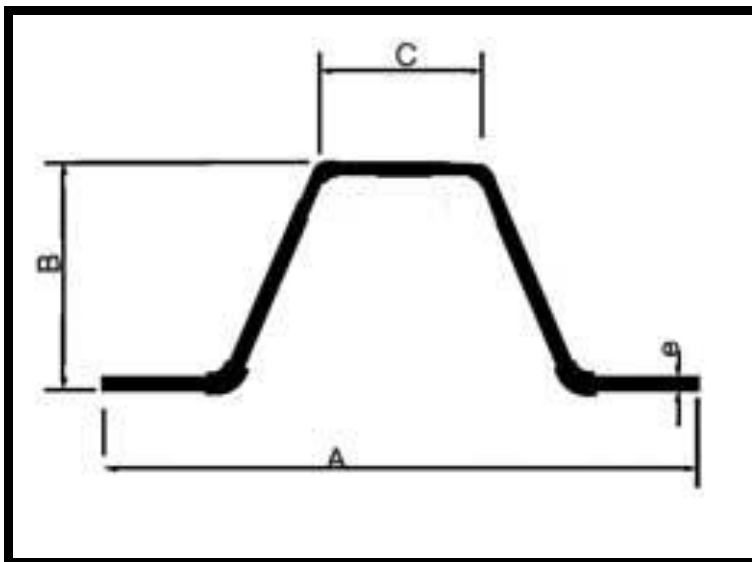
Entenent aquestes dades, s'extreu que per a equiparar la carrega de ruptura de l'acer, el perfil del laminat de materials compostos ha de ser com a mínim dos cops el de l'acer. Si quantifiquem aquest fet, veiem que amb un laminat composite de 4mm obtenim un mòdul 2,12 cops superior al de l'acer de 2 mm. Llavors, atenent a la densitat dels materials, una estructura de materials compostos amb el doble de gruix que una estructura d'iguals propietats construïda amb acer, gaudiria d'una rebaixa del pes d'un 46% respecte a la d'acer ( $3.60/7.85=0.46$ ).

*La estructura de materiales compuestos, fabricada per infusió, amb geometria corrugada, aplicada en:*

### **SOSTRE COSTATS**

*d'un contenidor, reduiria el pes d'aquests elements en un **46%** respecte el pes en acer.*

Per a la fabricació de la estructura del fons que suportarà el sol del contenidor utilitzarem bigues de perfil “omega” de 5 mm de gruix ( en els contenidors tradicionals s'utilitzen bigues amb perfil “c” de 4 mm de gruix). Aquestes bigues funcionen amb el mateix principi que el corrugat de les parets; aquesta forma confereix a l'estructura una resistència major als esforços perpendiculars a l'eix neutre d'aquesta.



*Figura 14: perfil  $\Omega$*

Sabent que la carrega de ruptura d'aquestes serà menor a la de les bigues de perfil “c” utilitzades comunament, es necessari que el nombre de bigues “omega” components de

l'estructura del sol sigui superior respecte al de bigues de perfil "c" dels contenidors tradicionals. Amb la utilització d'aquestes bigues es reduiria el pes de l'estructura en un 57% del pes en acer.

*La estructura de materials compostos, fabricada per infusió, amb geometria corrugada, aplicada en:*

#### **ESTRUCTURA DEL FONS**

*d'un contenidor, reduiria el pes d'aquest element en un **57%** respecte el pes en acer.*

Un altre factor beneficiós, és que el contraxapat del sol disposa d'un nombre major de suports on "descarregar" el pes, reduint així les tensions que aquest pateix, permetent la utilització d'un contraxapat de menys gruix, que aportaria aproximadament una disminució del pes d'aquest de l'ordre d'un 50%.

### 3.2 Càlcul de reducció de pes

A continuació es presenta la reducció de pes total que suposaria l'aplicació dels materials compostos respecte un contenidor estàndard 40' [40'x8'x8,6'] :

	Paret lateral	Sostre	Paret frontal*	Paret posterior	Xapa sol	Bigues "c"/"omega"***
Llargada (m)	12,031	12,031	-	-	12,031	-
Alçada (m)	2,392	-	2,392	2,392	-	-
Amplada (m)	-	2,352	2,352	2,352	2,352	-
Gruix (m)	0,002	0,0018	0,002	0,002	0,002	-
Densitat (t/m3)	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85	-
Factor corrugat	1,3	1,3	-	1,3	-	-
Pes (Kg)	587,36	519,78	88,33	114,83	444,26	9,66
Aplicació reducció	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,57
Pes amb mat. Comp. (Kg)	270,18	239,1	40,63	52,82	204,36	5,5
Reducció (unitat) (Kg)	317,18	280,68	47,7	62,01	239,9	4,16
Reducció total (Kg)	634,36	280,68	47,7	62,01	239,9	137,28
Sumatori	1401,93					

\*El càlcul de la paret frontal es de caràcter aproximat. No es tenen en compte els elements propis de la porta.

\*\*El càlcul del perfil c/Ω es mostra a continuació:

Massa eixos horitzontals:  $0,0045 \times 0,004 \times 2,352 \times 7,85 \times 2 = 0,66$  Kg

Massa eix vertical =  $0,122 \times 0,004 \times 2,352 \times 7,85 = 9$  Kg

Massa total perfil c=9,66 Kg



Llavors, estem parlant d'una reducció d'aproximadament 1402 Kg de pes per contenidor. Si apliquem aquesta dada a la capacitat d'un vaixell portacontenidors, com per exemple el Regina Maerks (318m eslora, 6000 TEU), es calcula una reducció total de 5954 tones amb el vaixell carregat completament.

### 3.3 Matriu DOFA

	Fortaleses	Debilitats
<b>Anàlisi concret</b>	Reducció de pes Major resistència ambiental Mes resistència a les averies per corrosió Reparació mes eficient	Petita variació del dimensionat

	Amenaces	Oportunitats
<b>Anàlisi extern</b>	Inadequació dels calats. Major cost productiu	Reducció de consums Ampliació de la capacitat de carrega/estiba Evolució tècnica manufactura de materials compostos

## 4. Conclusions

L'objectiu del treball era adquirir els coneixements suficients sobre els materials compostos i els contenidors per a procurar el disseny d'un nou model de contenidor tècnicament competitiu, fabricat amb aquests materials, i han estat assolits donant com a resultat un producte que ofereix les següents característiques principals:

**Inadequació dels calats:** una reducció de pes tant important pot suposat que el vaixell no adquireixi la immersió planificada en el disseny per a qualsevol situació de carrega, per tant, s'hauria de compensar el pes perdut amb l'aplicació de contenidors de fibra amb llast, eliminant el principal avantatge d'aquest tipus de contenidor. Seria necessària una adequació dels càlculs de calats per a explotar aquesta qualitat en vaixells que no hagin estat dissenyats per al transport de contenidors de fibra de vidre.

**Major cost productiu:** en comparació amb la tècnica manufacturera del acer, la dels materials compostos requereix una quantitat de ma d'obra superior. El temps de producció de peces, en principi i fins la data, es menor en el cas de l'acer. Aquests dos factors donen com a resultat un cost productiu al procés amb fibra superior al de l'acer.

**Reducció de consum:** el fet de que el contenidor sigui mes lleuger porta implícita una reducció de la quantitat d'energia necessària per a desplaçar-lo, i per tant, un consum de combustible menor, amb les repercussions mediambientals i econòmiques que això comporta, no sols en l'àmbit marí, sinó en totes les fases del transport multimodal.

**Ampliació de la capacitat de carrega/estiba:** el contenidor proposat esta dissenyat per a suportar la mateixa carrega d'apilament que les contenidor tradicional. Utilitzant contenidors de fibra es redueixen aproximadament 1,5 tones el pes per altura apilada, fet que dona cabuda a la possibilita d'apilar mes altures tant en vaixells com en les terminals de contenidors, propiciant així una optimització de l'espai d'estiba de la carrega.

El fet de poder reduir un 50% el gruix del contraxapat del sol, dona mes espai útil dintre del contenidor.

**Major resistència a les averies/corrosió** : deixant de banda els desperfectes greus per la manipulació deficient dels contenidors, sobre la que només pot tenir un efecte directe l'operari encarregat de la manipulació, les averies per corrosió del material, essent aquestes les que mes despesa econòmica comporten, quedarien pràcticament eliminades tenint en compte que els materials compostos no son susceptibles a oxidar-se, i que a més, gracies a la capacitat de memòria estructural de la que disposen, els bonys i deformacions de la xapa serien mínims, disminuint el risc d'estancament d'aigua i posterior filtració d'aquesta a través dels elements de segellat.

**Evolució de la tècnica de manufactura dels materials compostos:** L'estat actual de la tècnica manufacturera de peces amb materials compostos requereix una utilització bastant elevada de ma d'obra. Des del meu punt de vista, contrastat amb el del propietari d'unes drassanes amb mes de 20 anys d'antiguitat, aquest requisit es directament proporcional a la capacitat d'automatització del procés, es a dir, encara existeixen moltes opcions tècniques per desenvolupar, que poc a poc, i tal com a fet la infusió per buit, van tornant el procés cada cop mes automatitzat, equiparant-lo competitivament amb la producció de peces en acer.

Llavors, ens trobem davant d'un producte amb millors opcions de rendibilitat econòmica que els contenidors d'acer tradicionals.



## 5. Bibliografia

- Ricard Marí, Juan Martín, Jaime Rodrigo. *El transporte de contenedores. Terminales, operatividad i casuística*. Edicions UPC 2003
- Organización marítima internacional OMI. Convenio sobre Seguridad de los contenedores. Edició 2007
- Ronald F. Gibson, *Principles of composite material machanics*. Edició McGraw-hill 1994
- Escola nautico-pesquera de l'Atmella de mar. *Apuntes sistemas de construcción en materiales Compuestos*
- ASTM. *ASTM Shipping Container Standards and Related Technical Material*. 5ª Edició, 2007

## 6. Annex I: Peça de mostra del sol

Per a la construcció de la mostra de l'estructura del sol, s'ha utilitzat el mètode de laminat a ma. Com ja hem vist abans, la tècnica més adient seria la infusió per buit, no obstant en aquesta mostra he optat per un laminat a ma degut a la complexitat tot el procés d'infusió per buit, el qual no he cregut necessari per a realitzar una peça exemplificant.

La peça s'ha construït a partir d'uns preformats d'escuma, també per facilitar el procés, que s'han utilitzat com a superfície base del laminat. En el cas real, s'utilitzarien motllos i l'espai que en la mostra queda ocupat per l'escuma, quedaria buit.



*Figura 15: Peça de mostra de l'estructura del sol*

.Per a la secuencia del laminat s'ha utilitzat:

- 1ª capa: Gel coat
- 2ª Capa: Mat de gramatge 450gr/m2
- 3ªCapa: Compost bidireccional de teixit bidireccional de 800 gr/m2 i mat de 300 gr/m2
- 4ª Capa: Compost bidireccional de teixit bidireccional de 800 gr/m2 i mat de 300 gr/m2
- 5ª Capa: Teixit mat de gramatge 450 gr/m2
- 6ª Capa: Top Coat

La resina utilitzada per a compactar les diferents capes ha estat resina del tipus ortoftalica preaccelerada.

Amb això he aconseguit un laminat de 4mm de gruix, ideal per a fer tangible tot el esmenat en el capítol 3.